

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-223549

(43)Date of publication of application : 31.08.1993

---

(51)Int.Cl. G01B 11/24

B25J 5/00

B25J 19/04

G01C 3/06

G06F 15/62

G06F 15/70

// G05D 1/02

(21)Application number : 04-057446 (71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 10.02.1992 (72)Inventor : WATANABE TATSUTO

---

(54) RECOGNIZING METHOD OF STEP OR THE LIKE OF MOVING BODY

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily recognize an obstacle such as a step or the like and to obtain the positional information of the obstacle by treating an image obtained by a visual sensor through a binary process, forming a binary image, and obtaining the area of the image of one of the two values.

CONSTITUTION: An image processing unit binarizes an image obtained from a visual sensor thereby to obtain a binary image and extracts the white area. Then, the longest part, a starting point and an ending point of the longest part in the white area are obtained for every scanning line in an image memory, so that a quadrilateral is formed. It is subsequently detected whether the white parts are connected each other. The starting line and tire ending line of the connected

parts are stored and the area is calculated. The above process is carried out for each diagram output from two visual sensors, thereby to obtain the right and left diagrams. Then, the right and left quadrilaterals symmetric to each other are determined. The coordinates of four end points of the right, and left quadrilaterals determined to correspond to each other are compared. It is detected whether the distance of the points is within the range smaller than a predetermined value. The trigonometrical measurement is conducted for each end point of the pair showing the distance smaller than the predetermined value.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 09.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3192736

[Date of registration] 25.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not  
reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the mobile which refers to the information which has one or more  
visual sensors, and is acquired, performs migration control, and moves a. by  
predetermined binary-ized processing to the image obtained from said visual  
sensor Perform said binary-ized processing about the external world containing  
a polyhedron in which almost all the pixels within each side have a different  
output value from the pixel within the border area which classifies those fields,  
and a background, and a binary image is obtained. b. The recognition approach

of the polyhedron of the mobile which consists of what a polyhedron is recognized for based on the area for which asked for the area in an image about either of binary, and it c. Asked.

[Claim 2] In the mobile which refers to the information which has one or more visual sensors, and is acquired, performs migration control, and moves a. by predetermined binary-ized processing to the image obtained from said visual sensor Perform said binary-ized processing about the external world including a stairway in which almost all the pixels of each stage have a different output value from the pixel within the border area which classifies those fields, and a background, and a binary image is obtained. b. The recognition approach of the stairway of the mobile which consists of what the three-dimension location of a stairway is computed for from the predetermined part for which scanned x directions and from y in the axis of coordinates about the binary image, extracted the geometric description, and asked for the predetermined part, and it c. Asked.

[Claim 3] The recognition approach of the stairway of the mobile given in claim dyadic characterized by computing said three-dimension location by determining corresponding points for every stage of a stairway.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to what more specifically recognizes the body which projects from road surfaces, such as a stairway, in the mobile robot which does stereoscopic vision of the external world and moves at a high speed about the recognition approaches, such as a stairway of a mobile, and acquired positional information.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, the mobile robot of various autonomous molds, such as a leg formula, a wheel mold, and a crawler mold, is proposed. In order to move such a robot, the technique to which a predetermined path is moved according to the migration pattern set up beforehand, and the technique to which make a mobile robot have the visual sensor which recognizes the external world, make a robot recognize and judge a surrounding situation, and it is made to move can be considered. When taking the former technique, it is necessary to prepare exact positional information, such as map information, beforehand. When taking the latter technique, instead of becoming unnecessary, such positional information must recognize promptly itself bodies which project

from a level road surface, such as a stairway, and must acquire the positional information. As a latter conventional technique, the thing given [ for example, ] in a Provisional-Publication-No. 59-No. 79377 official report is known. The image was obtained in a location which is different, having and moving only one visual sensor in this example, binary-ized processing was performed, and the width of face of a stairway etc. is measured.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the chief aim of measuring the major characteristics on the assumption that the recognition of the existence of a stairway itself does not perform the above-mentioned conventional technique but a stairway exists is carried out, when recognizing the external world generally, what an object is and specifying need to be equipped with the hardware of dedication rather than they need to be [ therefore ] easy, and they need to perform complicated image processings, such as space differential, also for extracting the profile of an object.

[0004] Therefore, the object of this invention can recognize the obstruction from level road surfaces, such as a stairway, simply, can acquire that positional information, and is to offer the recognition approaches, such as a stairway of the mobile which can be easily built also on a common computing system, without needing especially the hardware of dedication etc.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In the mobile which refers to the information which has one or more visual sensors, and is acquired, performs migration control, and moves as this invention is shown for example, in claim 1 term, in order to solve the above-mentioned technical problem By predetermined binary-ized processing to the image obtained from said visual sensor Perform said binary-ized processing about the external world containing a polyhedron in which almost all the pixels within each side have a different output value from the pixel within the border area which classifies those fields, and a background, and a binary image is obtained. It constituted so that it might consist of recognizing a polyhedron based on the area for which asked for the area in an image about either of binary, and it asked.

[0006]

[Function] Since a polyhedron is recognized based on the area of a binary image, exact positional information, such as map information which the configuration was simple, and did not need the hardware of dedication etc., and was made beforehand, is not needed. Consequently, it becomes possible to discover the stairway only by directing moving trucking including a stairway roughly, and to go up and down by the work environment of mobiles, such as works and an administration building. In addition, in such restrictive work environment, it does



not very become trouble to give sufficiently big lightness to the top face of the polyhedron of a stairway etc. to a background.

[0007]

[Example] Hereafter, taking the case of a 2-pair-of-shoes walk leg formula mobile robot, the example of this invention is explained as a mobile. Drawing 1 is explanation skeleton drawing showing the robot 1 on the whole, and equips the leg of each right and left with six joints (shaft) (each joint (shaft) is illustrated with the electric motor which drives it for the facilities of an understanding). To the order from a top, the joints (shaft) of these six individuals are the joints 10R and 10L (right-hand side is set to R and left-hand side is set to L.) for leg winding of the waist (shaft). Below The same joints 12R and 12L of the pitch direction (x directions) of the waist (shaft), The joints (shaft) 14R and 14L of this roll direction (the direction of y), the joints 16R and 16L of the pitch direction of a knee region (shaft), While being the joints (shaft) 18R and 18L of the pitch direction of a guide-peg neck, and the joints (shaft) 20R and 20L of this roll direction and attaching Feet 22R and 22L in the lower part Idiosoma (base) 24 is formed in the most significant, and the control unit 26 which consists of a microcomputer is stored in the interior.

[0008] In the above, a hip joint consists of joint (shaft) 10R (L), 12R (L), and 14R (L). Moreover, an ankle joint While consisting of joint (shaft) 18R (L) and 20R (L),

a leg link is being able to give six degrees of freedom about a guide peg on either side, respectively, and driving these  $6 \times 2 = 12$  piece joints (shaft) at a respectively proper include angle during a walk. The movement toward a request can be given to the whole guide peg, and it is constituted so that three-dimension space can be walked to arbitration. In addition, it is the thigh links 28R and 28L between a hip joint and a knee joint, and is connected by the leg links 30R and 30L between a knee joint and an ankle joint. Although these joints consist of the electric motors and the reducers which double the power that output mainly described previously like, since that detail is given to the application (Japanese Patent Application No. No. 324218 [ one to ], JP,3-184782,A) which these people proposed previously and it is not just going to make it in itself into the summary of this invention, the explanation beyond this is omitted.

[0009] Here, two image sensors 36 are fixed on the plate 34 which equipped with rigidity the idiosoma 24 of the robot 1 which shows drawing 1 . Image sensors 36 consist of a CCD (solid-state image component) camera equipped with a well-known light sensing portion and the are recording section, and the output is sent to the image-processing unit 38 which consists of a microcomputer. The image-processing unit 38 is equipped with the image memory which consists of a pixel of \*\*\*\* 512x512 shown in drawing 2 . The plate 34 is attached on the shaft

40, and image sensors 36 constitute it so that a shaft 40 may be rotated through the device which does not move onto a plate 34 and which is not illustrated according to the command of a control unit 26 and image sensors 36 can be rocked to y shaft orientations in drawing 1 , while being firmly fixed like. Moreover, the robot 1 which shows drawing 1 minds a foot. It has the tilt-angle sensor (not shown) which detects whenever [ tilt-angle / of the idiosoma 24 to the encoder 46 and road surface which detect 6 axial-tension sensor 44 which detects the force component of x, y, and the direction of z transmitted to a robot, and the moment component of the circumference of the direction, and the include angle of each joint / (\*\*) ]. A control unit 24 acquires vision information from image sensors 22, computes whenever [ target joint angle (\*\*) ] on real time while it acquires the information about a robot's position in response to those outputs, and it controls and walks desired value around each joint.

[0010] Since it is in the summary of this invention recognizing projections, such as a stairway, in the mobile robot which acquires an inner community and external world information and walks autonomously, a focus is set and explained to that point below. In addition, in this invention, a stairway plans \*\*\*\*\* shown in drawing 3 . Looking down, when a stairway 50 consists of three steps, the height is set up quite lower than the location of the image sensors 36 when a robot 1 stands straight and a robot 1 approaches near the possible That is, while

setting it as the appearance in which top-face 50a of each stage is not hidden from the field of view of a robot's 1 image sensors 36 in the stage under it, the top-face 50a is painted white, and gives sufficiently big lightness to the background. Moreover, it trims with the black tape 52 with narrow width of face in the edge of top-face 50a. In addition, wall surface 50b is taken as as [ ground ].

[0011] Drawing 4 is whole PAD (Problem Analysis Diagram) drawing (structuring flow chart) showing the stairway recognition technique, and shows actuation of the above mentioned image-processing unit 38. In this drawing, a white field is first extracted in S1. Drawing 5 is the subchart.

[0012] If it explains with reference to drawing 5 , in S10, binary-ized processing will be performed first. That is, a threshold is determined so that top-face 50a of each stage of a stairway 50 and a background may be separated to a subject-copy image as shown in drawing 6 , and the \*\*\*\* image which performs binary-ization and is shown in drawing 7 is obtained. The decision of a threshold is made by proper technique. Subsequently, in the image memory shown in drawing 2 , the longest section, and a start point and an ending point of the white line section are searched for for every scan line by S12. A display of the white line section for which it asked obtains a quadrilateral as shown in drawing 8 . Then, it investigates whether the white line section for which it asked by S14 is connected, the first line of a part and the line of an end which are connected are

memorized, and it asks for the area. Subsequently, by S16, the white part for which it asked now is sorted, and area rearranges into descending. As this shows drawing 3 , it is for equipping with a lower stage matching by triangulation described later using it since area should become large compared with the upper stage at the time of \*\*\*\* about the stairway 50. Then, the part of under an area predetermined by S18 is deleted, and deletes Noises A and B (shown in drawing 8 ). Then, it asks for the vertical edge of the white section which remained by S20.

[0013] If it returns to the PAD diagram of drawing 4 , the class of quadrilateral will be continuously distinguished by S2, and the endpoint will be extracted by S3. In addition, a "endpoint" is used here as what means the location of the corner of a quadrilateral.

[0014] Drawing 9 is the subchart and searches S100 for a disappearance part first. That is, since the robot of a leg formula was equipped with image sensors 36 and each stage may interfere as are shown in drawing 10 depending on a robot's position, and it may be inclined and reflected and is then shown in drawing 11 , if it investigates whether there is any white part into the part of a line when in contact with the white line section of the line of the beginning of a white field part and is in it, as shown in drawing 12 , the part will be added to a lower white field. Furthermore, if it investigates whether there is any white line section

connected with the lower white line section in the line on it, it exists in it and it does not add and exist in a white field, retrieval is closed and let the line be the line of a new white start of region. Moreover, if it investigates whether there is any white part into the part of the line of the bottom which is in contact with the white line section of the line of a white end-of-region rate and is in it also about the part of an end, the part will be added to the upper white field. Furthermore, adding to a white field, if it investigates whether there is any white line section connected with the upper white line section in the line under it and exists in it, retrieval is continued, and if it does not exist, retrieval is closed and let the line be the line of a new white end-of-region rate.

[0015] Then, the distance between the points which progressed to S102, searched for the point that the max, the minimum value, etc. of  $x$  were obtained from the start point and the ending point of the white line section, and were searched for by S104 is calculated, and it asks for the correlation of each point from the distance by S106. That is, the value shown below using the start of region and line of an end, the beginning of the white line of each line with which the white field has ridden, and an end about the white field which was registered by the activity till then, and which continued two-dimensional is calculated. In addition, in the screen of drawing 2, the right makes the straight line of  $+a$   $x$  axis on the top line, and let the straight line prolonged from on at the left end of a

screen to down be the y-axis. x Thus, y It finishes with the beginning of each white line contained to one white field when a shaft is decided, and they are x of the beginning of the white line section and the line of an end, and y. It is related with a coordinate and they are x, y, x+y, and x-y. The coordinate which gives max and min is searched for. x which was able to be found here, y, x+y, and x-y The location and coordinate which gives max and the minimum value are set as follows.

xy coordinate of the maximum of x : max x = max xx and max xy xy coordinate of the minimum value of x : min x = (min xx, min xy) xy coordinate of the maximum of y : max y = (max yx, max yy) xy coordinate of the minimum value of y : min y = (min yx, min yy) xy coordinate of the maximum of x+y : [ max ] x+y = ( ) [ max xpyx, ] [ max ] xpyy xy coordinate of the minimum value of x+y : [ min ] xy coordinate of the maximum of x-y = (min xpyx, min xpyy) x-y: max x-y = (max xmyx, max xmyy) xy coordinate of the minimum value of x-y: min x-y = (min xmyx, min xmyy) The above It is shown in drawing 13 .

[0016] The following eight characteristic quantity is further computed from the eight focus for which it asked in the top.

Top Right = (min yx - max xmyx)<sup>2</sup> + (min yy - max xmyy)<sup>2</sup> Top Left = (min yx - min xpyx)<sup>2</sup> + (min yy - min xpyy)<sup>2</sup> Bottom Right = (max yx - max xpyx)<sup>2</sup> + (max yy - max xpyy)<sup>2</sup> Bottom Left = (max yx - min xmyx)<sup>2</sup> + (max yy - min xmyy)<sup>2</sup> Max Up

$$= (\max x - \max y)^2 + (\max x - \max y)^2$$

$$\text{Max Down} = (\max x - \max y)^2 + (\max x - \max y)^2$$

$$2 + (\max x - \max y)^2$$

$$\text{Min Up} = (\min x - \min y)^2 + (\min x - \min y)^2$$

$$\text{Min Down} = (\min x - \min y)^2 + (\min x - \min y)^2$$

In the above Although max, min, up, and down define top, bottom, left, and right about the y-axis about a x axis Eight characteristic quantity which the top defined is x defined before that, y, x+y, and x-y. The distance between the position coordinates which give max and the minimum value is shown. These serve as a contact of the quadrilateral in which the direction vector on an image was able to be found in four quadrants (1 0) from top-face 50a of each stage of the straight-line group of (0, 1), (1, 1), and (1, -1), and a stairway, respectively. Although the distance between this contact takes various values, the value near 0, i.e., two contacts, is dramatically near, or when the same, being settled in an include angle with the direction of two sides in that contact in agreement is shown like drawing 23 from drawing 14 . When the aspect ratio of an image is 1 to 1, the include angle which is two sides and to make turns into less than 135 degrees. For the radii drawn on the side with which the quadrilateral is in contact in the point that two straight lines cross, by drawing 23 from drawing 14 , the case of each characteristic quantity, for example, drawing 14 , is Top Right. When taking the value of 0, the range where the two sides exist is shown. From this relation, by combining the case of drawing 23 from drawing 14 , also when the include angle of two sides to make



is narrower, it can be found. For example, in the case of drawing 22 of Top Right =0 and Top Left=0, the existing range of two sides becomes less than 90 degrees of the contact bottom. It is a combination not only eight characteristic quantity but new when searching for the still narrower include angle like the after-mentioned  $x$ ,  $y$ ,  $x+y$ , and  $x-y$ . What is necessary is just to select out of the position coordinate which gives max and the minimum value.

[0017] Then, in S108, it distinguishes whether a quadrilateral is a trapezoid or it is a rhombus from the correlation of each point. Since the obtained quadrilateral can be classified according to the following rules when the robot 1 which shows drawing 1 overlooks a stairway 50 if it explains concretely, it distinguishes according to it. In addition, for the extract of the endpoint mentioned later etc., this activity specifies what kind of form the quadrilateral for which it asked is, and does that activity easy.

(a) Trapezoid ( drawing 24 )

Min Down $<\delta$  And Max Down $<\delta$  And (Bottom Left $<\delta$  or Bottom Right $<\delta$ ) Or  $|min\ xpyy-max\ xmyy|<\epsilon$  and -- if it  $|min\ xmyy-max\ xpyy|<\epsilon$  becomes -- trapezoid. In addition,  $\delta$ ,  $\epsilon$  is taken as a forward comparatively small integer.

(b) Lower left upper right acute-angle quadrilateral ( drawing 25 )

the upper conditions of (a) -- not filling -- Max Up $<\delta$  and Top Right --  $<\delta$

And Min Down<delta and -- if it Bottom Left <delta becomes -- lower left upper right acute-angle quadrilateral.

(c) Upper left lower right acute angle ( drawing 26 )

the conditions of (a) and (b) -- not filling -- Min Up<delta And Top Left<delta and BottomRight -- <delta and -- if it becomes Max Down<delta -- upper left lower right acute-angle quadrilateral.

(d) A right acute angle ( drawing 27 ) or a left acute angle ( drawing 28 )

the conditions of (a), (b), and (c) -- not filling -- Min Up<delta And Min Down<delta or Max Up<delta and -- if it becomes Max Down<delta -- a right acute-angle quadrilateral or left acute-angle quadrilateral.

(e) In addition, when not fulfilling the conditions of (a), (b), (c), and (d), they are a right dip quadrilateral or a left dip quadrilateral.

[0018] Then, the endpoint of a quadrilateral is extracted by S110. Supposing it decides a coordinate like drawing 29 to the location of an endpoint here, the location of each endpoint can be determined as follows to the class of distinguished quadrilateral.

(a) A trapezoid ( drawing 24 ) case (trx, try) = (brx (min xpyx, min xpyy), bry) = (blx (max xpyx, max xpyy), bly) = (tlx (max xmyx, max xmyy), tly) () [ min ] In the case of xmyx and a min xmyy(b) lower left upper right acute angle ( drawing 25 ) (trx, try) = (tlx (max xmyx, max xmyy), tly) = (brx (min xpyx, min xpyy), bry) The

case (trx, try) of = ((min xmyx, min xmyy) c) upper left lower right acute angle

( drawing 26 ) (blx (max xpyx, max xpyy), bly) = (tlx (max xmyx, max xmyy), tly)

= () min xpyx and min xpyy (brx, bry) = = in the case of ((min xmyx, min xmyy) d)

right acute angle ( drawing 27 ) or a left acute angle ( drawing 28 ), the Rika

upper left checks [ the upper right ] Rika first (blx (max xpyx, max xpyy), bly).

That is, the line number of a certain white start of region is set to St, and it is Line

i. It is Min about the beginning of a white line. It is Max about [i] and an end. It is

Max when referred to as [i]. [St+alpha]-Max [St] < Min[St]-Min [St+alpha]

It becomes a \*\*\*\*\* upward slant to the right, otherwise, a left riser (positive integer which sets up alpha suitably in addition).

If it is an upward slant to the right (trx, try), it is = (). [ min ] yx and min yy (tlx, tly)

= (brx (min xx, min xy), bry) = (blx (max xx, max yy), bly) = If it is a left (max yx,

max yy) riser (trx, try), it is = (tlx (max xx, max xy), tly) = (brx (min yx, min yy),

bry) = (max yx). max yy(blx, bly) = -- ((min xx, min xy) e) -- in addition to this

(right dip ( drawing 30 ), left dip ( drawing 31 )) --

After performing the same check, If it is an upward slant to the right (trx, try), it is

= (). [ min ] Although it is yx and min yy(tlx, tly) = (brx (min xx, min xy), bry) = (blx

(max xx, max xy), bly) = (max yx, max yy) Min Down<delta Or Bottom Left <delta

or Top Right <delta And Bottom Left <delta And if it becomes Max Down<delta

(tlx, tly), it will consider as = (min xpyx, min xpyy). Moreover, it considers as = (tlx

$(\max x_{myx}, \max x_{myy}), tly) = (\min x_{pyx}, \min x_{pyy})$  a certain case  $(trx, try)$  more than a certain amount of [ the die length of the white line section of the line of beginning ] die length (for example, 10 dots). It considers as  $= (blx (\max x_{pyx}, \max x_{pyy}), bly) = (\min x_{myx}, \min x_{myy})$  a certain case  $(brx, bry)$  more than a certain amount of [ the die length of the white line section of the line of an end ] die length (for example, 10 dots).

When the lower left is \*\*  $(trx, try) = (tlx (\max xx, \max xy), tly)$  it is Max Down<delta although it is  $= (brx (\min yx, \min yy), bry) = (blx (\max yx, \max yy), bly) = (\min xx, \min xy)$ . Or Bottom Right<delta or Top Left<delta And Bottom Right<delta And if it becomes Min Down<delta  $(trx, try)$ , it will consider as  $= (\max x_{myx}, \max x_{myy})$ . Moreover, it considers as  $= (tlx (\max x_{myx}, \max x_{myy}), tly) = (\min x_{pyx}, \min x_{pyy})$  a certain case  $(trx, try)$  more than a certain amount of [ the die length of the white line section of the line of beginning ] die length (for example, 10 dots). It considers as  $= (blx (\max x_{pyx}, \max x_{pyy}), bly) = (\min x_{myx}, \min x_{myy})$  a certain case  $(brx, bry)$  more than a certain amount of [ the die length of the white line section of the line of an end ] die length (for example, 10 dots).

[0019] If it returns to the whole drawing 3 PAD diagram again, the parallelism of each stage will be checked about the quadrilateral continuously obtained by S4. Namely, max x of the graphic form of each stage (min x) Underline which is made to continue and is obtained (top line) It compares and judges whether it is

parallel to mutual beyond a predetermined value. Since each stage is essentially parallel, the stage which is not parallel is deleted from data. It can judge whether it is what has the unsuitable graphic form which the noise mixed and acquired by this.

[0020] After acquiring a graphic form on either side as performed the above processing about the graphic form which two image sensors 36 output, respectively and shown in drawing 32 , the quadrilateral which corresponds by right and left by S5 is determined. That is, it asks for the center-of-gravity location of the endpoint for which it asked previously about all quadrilaterals on either side first, and sorts by the Y coordinate of the center of gravity (rearrangement). Subsequently, a four-side each form on either side is matched with the sorted sequence. In that case, it chooses as the Y coordinate of the center of gravity of a quadrilateral considered to correspond is approaching below the predetermined value. In addition, when a corresponding quadrilateral does not exist, it is regarded as what was not obtained in a noise etc., and it is not used by triangulation of the stereoscopic vision which describes the quadrilateral later (the graphic form detected last time may be used).

[0021] Then, the Y coordinate of four endpoints of the quadrilateral on either side-judged to correspond to S6 spontaneously is compared, respectively, whether the distance is in the range under of a predetermined value judges, and

triangulation is performed to the endpoint of the affirmed group. In addition, what distance left beyond the predetermined value does not regard it as an endpoint [ / for incorrect measurement prevention ], and is not used by location survey. Moreover, as shown in each endpoint at drawing 32 , the number is given to the clockwise rotation from the left near side, and matching is made easy. A triangulation method is shown in drawing 33 . This technique itself is well-known and it asks for x of the target point (endpoint) L, and a y-coordinate using triangular parallelism. Parallax  $X_l$  and  $X_r$  can be acquired by the ability making the distance between cameras of  $2d$ , and a focal distance  $f$  into known, and a target coordinate can be searched for by  $(x\ y) = (d(X_l+X_r)/(X_l-X_r), 2fd/(X_l-X_r))$ . In addition, although this formula is restricted when the optical axis of a lens on either side is parallel, and proper amendment is usually needed from congestion etc., since the triangulation itself is not just going to consider as the summary of this invention, detailed explanation is omitted.

[0022] Then, it changes and finishes with the position coordinate of a request of the position coordinate acquired by progressing to S7.

[0023] Since this example was constituted like the above, a stairway can be recognized promptly and that position coordinate can be acquired. Since it asked for the corresponding points of the right-and-left image of stereoscopic vision using the property of a stairway on that occasion, though it is simple and is

the technique of not needing the hardware of dedication, either, the positional information of a stairway can be acquired easily and promptly. If only a robot puts a stairway into a visual field, he can compute three-dimension positional information with an exact stairway at any time, and does not need exact positional information, such as map information made beforehand. It becomes possible from this property to discover that stairway only by directing moving trucking including a stairway to a robot roughly, and to go up and down in works, an administration building, etc. In addition, when limiting a robot's migration environment to this appearance in works, an administration building, etc., it is not very troublesome to make lightness of the top face of a stairway larger than a background. In addition, it may replace with paint and lighting may be used.

[0024] moreover, the above-mentioned example -- setting -- Top Right etc. -- although eight characteristic quantity was used, it is also possible by making characteristic quantity increase further to identify the configuration beyond a five-side form. Although the stairway was taken for the example in the semantics, it is not restricted to it and can apply to all the polyhedrons.

[0025] Moreover, a field including the endpoint of the four-side each form which stated by S4 of drawing 4 and was computed by triangulation also about the parallelism check is considered, and as long as the field is not parallel to a floor line, you may make it delete from registration. Moreover, a robot's 1 grade may

be computed based on the direction of the field which a four-side each form makes, without considering that those quadrilaterals are the stages of a stairway and equipping a robot 1 with a dip sensor, when there are two or more parallel quadrilaterals.

[0026] Furthermore, although explained taking the case of the leg formula mobile robot of a 2-pair-of-shoes walk as an example, it is applicable to the uninhabited transit vehicle which is not a robot further while carrying out appropriate [ of this invention ] also to robots, such as a wheel mold and a crawler mold.

[0027]

[Effect of the Invention] In the mobile which claim 1 term refers to the information which has one or more visual sensors, and is acquired, performs migration control, and moves By predetermined binary-ized processing to the image obtained from said visual sensor Perform said binary-ized processing about the external world containing a polyhedron in which almost all the pixels within each side have a different output value from the pixel within the border area which classifies those fields, and a background, and a binary image is obtained. Since it constituted so that it might consist of recognizing a polyhedron based on the area for which asked for the area in an image about either of binary, and it asked, it is a simple configuration and a polyhedron can be recognized, without needing



the hardware of dedication etc.

[0028] In the mobile which claim 2 term refers to the information which has one or more visual sensors, and is acquired, performs migration control, and moves By predetermined binary-ized processing to the image obtained from said visual sensor Perform said binary-ized processing about the external world including a stairway in which almost all the pixels of each stage have a different output value from the pixel within the border area which classifies those fields, and a background, and a binary image is obtained. Since it constituted so that it might consist of computing the three-dimension location of a stairway from the predetermined part for which scanned x directions and from y in the axis of coordinates about the binary image, extracted the geometric description, and asked for the predetermined part, and it asked If only it is a simple configuration, and it does not need the hardware of dedication etc. but it puts a stairway into a visual field, the three-dimension position coordinate of a stairway can be computed at any time, and exact positional information, such as map information made beforehand, is not needed. It becomes possible to discover the stairway only by directing roughly the moving trucking which includes a stairway in a mobile, and to go up and down by this, in works, an administration building, etc.

[0029] Since the recognition approach of the stairway of the mobile of claim 3 term was constituted so that said three-dimension location might be computed

by determining corresponding points for every stage of a stairway, it can simplify a configuration further.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the schematic diagram, showing the 2 pairs of mobile slack bipedal robot planned by the recognition approaches, such as a stairway of the mobile concerning this invention, and its control unit on the whole.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the image memory of the image sensors shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is the explanation perspective view showing the stairway which the approach concerning this invention plans.

[Drawing 4] It is the flow chart (whole PAD diagram) which shows the approach concerning this invention that the image-processing unit shown in drawing 1 performs.

[Drawing 5] It is the sub PAD diagram showing an extract of a white field with the subchart of the PAD diagram of drawing 4 .

[Drawing 6] It is the explanatory view showing a subject-copy image at some

explanatory views showing an extract of the white field of the drawing 5 PAD diagram.

[Drawing 7] It is the explanatory view showing the binary-ized image similarly.

[Drawing 8] It is the explanatory view showing an extract of the longest white line for every line similarly.

[Drawing 9] It is the sub PAD diagram showing class distinction and the endpoint extract activity of a quadrilateral with the subchart of the PAD diagram of drawing 4 .

[Drawing 10] It is the explanatory view showing the case where it is inclined and reflected at some explanatory views showing retrieval of the disappearance part in class distinction of the quadrilateral in the drawing 9 PAD diagram.

[Drawing 11] It is the explanatory view showing interference of each stage similarly.

[Drawing 12] It is the explanatory view showing the additional activity of a lack part similarly.

[Drawing 13] It is the explanatory view showing retrieval of four endpoints in the class distinction activity of the drawing 9 PAD diagram.

[Drawing 14] Top Right of the characteristic quantity similarly used by the class distinction activity It is the explanatory view showing the case where it is zero.

[Drawing 15] It is the explanatory view showing the case where Top Left is zero

similarly.

[Drawing 16] It is the explanatory view showing the case where Bottom Right is zero similarly.

[Drawing 17] It is Bottom Left similarly. It is the explanatory view showing the case where it is zero.

[Drawing 18] It is the explanatory view showing the case where Max Up is zero similarly.

[Drawing 19] It is the explanatory view showing the case where Max Down is zero similarly.

[Drawing 20] It is the explanatory view showing the case where Min Up is zero similarly.

[Drawing 21] It is the explanatory view showing the case where Min Down is zero similarly.

[Drawing 22] It is Top Right similarly. It is the explanatory view showing the case where both Top Left is zero.

[Drawing 23] It is the explanatory view showing the case where both Top Left and Min Up are zero similarly.

[Drawing 24] It is the explanatory view showing a trapezoid similarly.

[Drawing 25] It is the explanatory view showing a lower left upper right acute angle similarly.

[Drawing 26] It is the explanatory view showing an upper left lower right acute angle similarly.

[Drawing 27] It is the explanatory view showing a right acute angle similarly.

[Drawing 28] It is the explanatory view showing a left acute angle similarly.

[Drawing 29] It is the explanatory view showing the position coordinate of the endpoint used by the endpoint extract activity of the drawing 9 PAD diagram.

[Drawing 30] It is the explanatory view showing the case of the right dip of the characteristic quantity used by the class distinction activity of the drawing 9 PAD diagram like drawing 14 .

[Drawing 31] It is the explanatory view showing the case of left dip similarly.

[Drawing 32] It is the explanatory view showing the matching activity of the quadrilateral of the drawing 4 PAD diagram.

[Drawing 33] It is the explanatory view showing triangulation of the drawing 4 PAD diagram.

[Description of Notations]

1 Leg Formula Mobile Robot (Mobile)

24 Idiosoma

26 Control Unit

34 Plate

36 Image Sensors

38 Image-Processing Unit

50 Stairway

The top face of 50a stairways

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-223549

(43)公開日 平成5年(1993)8月31日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24	K	9108-2F		
B 2 5 J 5/00	C	9147-3F		
	E	9147-3F		
19/04		7331-3F		
G 0 1 C 3/06	V	9008-2F		

審査請求 未請求 請求項の数3(全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-57446

(22)出願日 平成4年(1992)2月10日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 渡辺 龍人

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

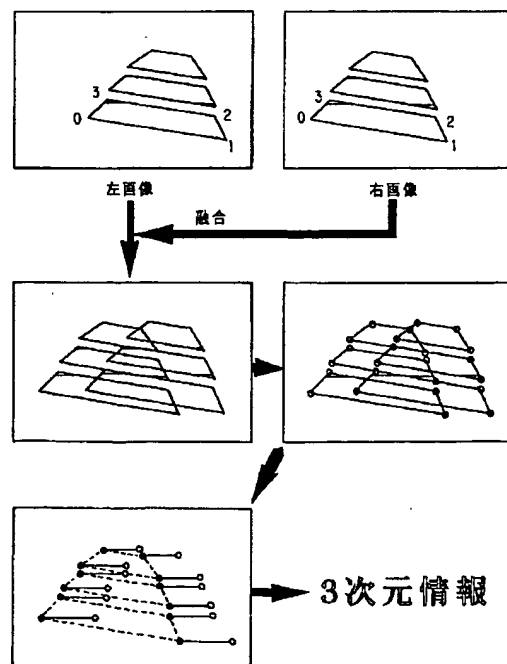
(74)代理人 弁理士 吉田 豊 (外1名)

(54)【発明の名称】 移動体の階段などの認識方法

(57)【要約】

【構成】 外界の3次元情報を得て移動する脚式移動ロボットにおいて、階段の2値画像を得、白領域を抽出し、各段の四辺形の種別を判別し、その端点を抽出し、重心を求めて左右の対応づけを行う。

【効果】 階段の特性を利用して対応づけを行うことから、簡易に階段を認識してその3次元位置情報を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体において、

a. 前記視覚センサから得られる画像に対する所定の 2 値化処理により、各面内の殆どの画素がそれらの面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような多面体を含む外界について前記 2 値化処理を施して 2 値画像を得、

b. 2 値のいずれかについて画像における面積を求め、及び

c. 求めた面積に基づいて多面体を認識する、ことからなる移動体の多面体の認識方法。

【請求項 2】 1 つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体において、

a. 前記視覚センサから得られる画像に対する所定の 2 値化処理により、各段の殆どの画素がそれらの面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような階段を含む外界について前記 2 値化処理を施して 2 値画像を得、

b. 2 値画像について座標軸において x 方向と y 方向とから走査し、幾何学的な特徴を抽出して所定の部位を求め、及び

c. 求めた所定の部位から階段の 3 次元位置を算出する、ことからなる移動体の階段の認識方法。

【請求項 3】 階段の各段ごとに対応点を決定して前記 3 次元位置を算出することを特徴とする請求項 2 項記載の移動体の階段の認識方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は移動体の階段などの認識方法に関し、より具体的には外界を立体視して移動する移動ロボットにおいて階段などの路面から突出する物体を高速に認識して位置情報を得る様にしたものに關する。

## 【0002】

【従来の技術】近時、脚式、車輪型、クローラ型などの種々の自律型の移動ロボットが提案されている。その様なロボットを移動させるには、予め設定した移動パターンに従って所定の経路を移動させる手法と、移動ロボットに外界を認識する視覚センサなどを備えさせ、ロボットに四囲の状況を認識、判断させて移動させる手法とが考えられる。前者の手法をとるときは予め地図情報などの正確な位置情報を用意する必要がある。後者の手法をとるときはその様な位置情報は不要となる代わり、自ら階段など水平路面から突出する物体を速やかに認識してその位置情報を得なければならない。後者の従来技術としては例えば特開昭 59-79377 号公報記載のもの

が知られている。この例においては 1 個の視覚センサのみ備えて移動しつつ異なった位置で画像を得、2 値化処理を行って階段の幅などを測定している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術は階段の存在の認識自体は行っておらず、階段が存在することを前提としてその主要諸元を測定することを主眼としているが、一般的に外界を認識するときに対象物が何であるか特定するのが容易ではなく、そのために専用のハードウェアを備え、対象物の輪郭を抽出するにも空間微分などの複雑な画像処理を行う必要がある。

【0004】従って、この発明の目的は、簡易に階段などの水平路面からの障害物を認識してその位置情報を得ることができ、専用のハードウェアなどを特に必要とせず一般の計算機システム上でも容易に構築することができる移動体の階段などの認識方法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するためにこの発明は例えば請求項 1 項に示す如く、1 つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体において、前記視覚センサから得られる画像に対する所定の 2 値化処理により、各面内の殆どの画素がそれらの面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような多面体を含む外界について前記 2 値化処理を施して 2 値画像を得、2 値のいずれかについて画像における面積を求め、及び求めた面積に基づいて多面体を認識することからなる如く構成した。

## 【0006】

【作用】2 値画像の面積に基づいて多面体を認識するので、構成が簡易であって専用のハードウェアなどを必要とせず、また予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。その結果、工場、事務所などの移動体の作業環境で階段を含む移動経路をおおまかに指示するのみで、その階段を発見して昇降することが可能となる。尚、その様な限定的な作業環境では階段などの多面体の上面に背景に対して十分大きな明度を与えておくのは、さして支障とはならない。

## 【0007】

【実施例】以下、移動体として 2 足歩行脚式移動ロボットを例にとってこの発明の実施例を説明する。図 1 はそのロボット 1 を全体的に示す説明スケルトン図であり、左右それぞれの脚部に 6 個の関節（軸）を備える（理解の便宜のために各関節（軸）をそれを駆動する電動モータで例示する）。該 6 個の関節（軸）は上から順に、腰の脚部回旋用の関節（軸）10R、10L（右側を R、左側を L とする。以下同じ）、腰のピッチ方向（x 方向）の関節（軸）12R、12L、同ロール方向（y 方向）の関節（軸）14R、14L、膝部のピッチ方向の



関節(軸) 16 R, 16 L、足首部のピッチ方向の関節(軸) 18 R, 18 L、同ロール方向の関節(軸) 20 R, 20 Lとなっており、その下部には足部 22 R, 22 Lが取着されると共に、最上位には胴体部(基体) 24が設けられ、その内部にはマイクロ・コンピュータからなる制御ユニット 26が格納される。

【0008】上記において股関節は関節(軸) 10 R (L), 12 R (L), 14 R (L) から構成され、また足関節は、関節(軸) 18 R (L), 20 R (L) から構成されると共に、脚部リンクは左右の足についてそれぞれ6つの自由度を与えられ、歩行中にこれらの $6 \times 2 = 12$ 個の関節(軸)をそれぞれ適宜な角度に駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行することができる様に構成される。尚、股関節と膝関節との間は大腿リンク 28 R, 28 Lで、膝関節と足関節との間は大腿リンク 30 R, 30 Lで連結される。これらの関節は主として先に述べた様に電動モータと、その出力を倍力する減速機とから構成されるが、その詳細は先に本出願人が提案した出願(特願平 1-324218号、特開平 3-184782号)などに述べられており、それ自体はこの発明の要旨とするところではないので、これ以上の説明は省略する。

【0009】ここで、図1に示すロボット1の胴体部 24には剛性を備えたプレート 34上にイメージセンサ 36が2個固定される。イメージセンサ 36は公知の受光部と蓄積部とを備えたCCD(固体映像素子)カメラからなり、その出力はマイクロ・コンピュータからなる画像処理ユニット 38に送られる。画像処理ユニット 38は図2に示す如き $512 \times 512$ の画素からなる画像メモリを備える。イメージセンサ 36はプレート 34上に移動しない様に強固に固定されると共に、プレート 34は軸 40上に取着されており、制御ユニット 26の指令に応じて図示しない機構を介して軸 40を回転してイメージセンサ 36を図1においてy軸方向に揺動できる様に構成する。また図1に示すロボット1は足部を介してロボットに伝達されるx, y, z方向の力成分とその方向回りのモーメント成分とを検出する6軸力センサ 44、各関節の角度を検出するエンコーダ 46及び路面に対する胴体部 24の傾斜角(速)度を検出する傾斜角センサ(図示せず)などを備えており、制御ユニット 24はそれらの出力を受けてロボットの姿勢に関する情報を得ると共にイメージセンサ 22から視覚情報を得て目標関節角(速)度をリアルタイムに算出し、各関節を目標値に制御して歩行させる。

【0010】この発明の要旨は内界、外界情報を得て自律的に歩行する移動ロボットにおいて階段などの突起物を認識することにあるので、以下その点に焦点を置いて説明する。尚、この発明において階段は図3に示す如きものを予定する。階段 50は3段からなり、その高さを

ロボット1が直立した場合のイメージセンサ 36の位置よりかなり低く設定しておいてロボット1がその付近に接近したときに見下ろすことが可能に、即ち各段の上面 50aがその下の段でロボット1のイメージセンサ 36の視界から隠されることがないように設定すると共に、その上面 50aは白色に塗装して背景に対して十分大きな明度を与えておく。また上面 50aの縁部には幅の狭い黒色テープ 52で縁取りしておく。尚、壁面 50bは地のままとする。

【0011】図4はその階段認識手法を示す全体PAD(Problem Analysis Diagram)図(構造化フロー・チャート)であり、前記した画像処理ユニット 38の動作を示すものである。同図においては先ずS1において白領域の抽出を行う。図5はそのサブチャートである。

【0012】図5を参照して説明すると、先ずS10において2値化処理を行う。即ち、図6に示される様な原画像に対して階段 50の各段の上面 50aと背景とを分離する様にしきい値を決定し、2値化を行って図7に示す如き画像を得る。しきい値の決定は適宜な手法で行う。次いでS12で図2に示した画像メモリにおいてスキャンライン毎に白線部の最長部とその開始点・終了点を求める。求めた白線部を表示すると図8に示す様な四辺形が得られる。続いてS14で求めた白線部がつながっているか否か調べ、つながっている部分の初めの行と終わりの行を記憶し、その面積を求める。次いでS16で、今求めた白色部分をソートして面積が大きい順に並べ替える。これは図3に示す様に階段 50を視たとき下の段は上の段に比べて面積が大きくなる筈であるため、それを利用して後で述べる三角測量での対応づけに備えるためである。続いてS18で所定の面積未満の部分は削除してノイズA, B(図8に示す)を抹消する。続いてS20で残った白色部の上下端を求める。

【0013】図4のPAD図に戻ると、続いてS2で四辺形の種類を判別し、S3でその端点を抽出する。尚、ここで「端点」は、四辺形の角部の位置を意味するものとして使用する。

【0014】図9はそのサブチャートであり、先ずS100で消失部分を探索する。即ち、イメージセンサ 36を脚式のロボットに装着したことから、ロボットの姿勢によっては図10に示す様に傾いて写る場合があり、そのときは図11に示す如く各段が干渉することがあるため、白領域部分の始まりの行の白線部に接している上の行の部分に白い部分がないかどうか調べ、あれば図12に示す様にその部分を下の白領域に追加する。更に、その上の行に下の白線部につながる白線部がないか否か調べ、存在すれば白領域に追加し、存在しなければ探索を打ち切ってその行を新たな白領域の始まりの行とする。また終わりの部分についても白領域の終わりの行の白線部に接している下の行の部分に白い部分がないかどうか調べ、あればその部分を上の白領域へと追加する。更

に、その下の行に上の白線部につながる白線部がないかどうか調べ、存在すれば白領域に追加しつつ探索を続け、存在しなければ探索を打ち切ってその行を新たな白領域の終わりの行とする。

【0015】続いてS102に進み、白線部の開始点・終了点からxの最大・最小値などが得られる点を求め、S104で求めた点の間の距離を計算し、S106でその距離から各点の相互関係を求める。即ち、それまでの作業で登録された2次的に連続した白領域について、その領域の始まりと終わりの行と、白領域の乗っている\*10

xの最大値のx y座標 :  $\max x = (\max xx, \max xy)$   
 xの最小値のx y座標 :  $\min x = (\min xx, \min xy)$   
 yの最大値のx y座標 :  $\max y = (\max yx, \max yy)$   
 yの最小値のx y座標 :  $\min y = (\min yx, \min yy)$   
 x+yの最大値のx y座標 :  $\max x+y = (\max xpyx, \max xpyy)$   
 x+yの最小値のx y座標 :  $\min x+y = (\min xpyx, \min xpyy)$   
 x-yの最大値のx y座標 :  $\max x-y = (\max xmyx, \max xmyy)$   
 x-yの最小値のx y座標 :  $\min x-y = (\min xmyx, \min xmyy)$

上記を図13に示す。

【0016】上で求めた8つの特徴点から更に次の8つ\*20

Top Right =  $(\min yx - \max xmyx)^2 + (\min yy - \max xmyy)^2$   
 Top Left =  $(\min yx - \min xpyx)^2 + (\min yy - \min xpyy)^2$   
 Bottom Right =  $(\max yx - \max xpyx)^2 + (\max yy - \max xpyy)^2$   
 Bottom Left =  $(\max yx - \min xmyx)^2 + (\max yy - \min xmyy)^2$   
 Max Up =  $(\max xx - \max xmyx)^2 + (\max xy - \max xmyy)^2$   
 Max Down =  $(\max xx - \max xpyx)^2 + (\max xy - \max xpyy)^2$   
 Min Up =  $(\min xx - \min xpyx)^2 + (\min xy - \min xpyy)^2$   
 Min Down =  $(\min xx - \min xmyx)^2 + (\min xy - \min xmyy)^2$

上記においてmax, min, up, downはx軸に関して、top, bottom, left, rightはy軸に関して定義しているが、上で定義した8つの特徴量は、その前に定義したx, y, x+y, x-yの最大・最小値を与える位置座標間の距離を示している。これらは、それぞれ、画像上での方向ベクトルが4つの象限において(1, 0), (0, 1), (1, 1), (1, -1)の直線群と階段の各段の上面50aから求まった四辺形の接点となっている。この接点間の距離はいろいろな値をとるが、0に近い値、即ち2つの接点が非常に近いか同じ場合は、図14から図23の様に、その一致する接点における2辺の方向がある角度内に収まることを示している。画像の縦横比が1対1の場合、その2辺のなす角度は135度未満となる。図14から図23で、2つの直線が交わる点において四辺形の接している側に描かれた円弧は、各特徴量、例えば図14の場合はTop Rightが0の値をとるときに2つの辺が存在する範囲を示している。この関係から図14から図23の場合を組み合わせることで、2辺のなす角度がより狭い場合も見つけることができる。例えば、Top Right = 0かつTop Left = 0の図22の場合、2辺の存在する範囲は接点の下側の90度以内となる。後述の如く、さらに狭い角度を探索する場合は、8つの特徴量

\* 各行の白線の始まりと終わりとを使用して以下に示す値を計算する。尚、図2の画面において一番上の線上で右方向が+の直線をx軸とし、画面の左端の上から下方向へと延びる直線をy軸とする。この様にx, y軸を決めたとき、1つの白領域に含まれる各白線の始まりと終わり、及び白線部の始まりと終わりの行のx, y座標に関してx, y, x+y, x-yの最大、最小を与える座標を求める。ここで求めたx, y, x+y, x-yの最大・最小値を与える位置・座標を次の様におく。

※の特徴量を算出する。

だけでなく、新たな組み合わせをx, y, x+y, x-yの最大・最小値を与える位置座標から選び出せば良い。

【0017】続いてS108において各点の相互関係から四辺形が台形であるかひし形であるかなどを判別する。具体的に説明すると、図1に示すロボット1が階段50を見下ろした場合に、得られた四辺形は以下の様なルールで分類することができるので、それに従って判別する。尚、この作業は、後述する端点の抽出などのために、求めた四辺形がどのような形であるのか特定しておいてその作業を容易にするものである。

(a) 台形(図24)

40 Min Down <  $\delta$  かつ Max Down <  $\delta$  かつ (Bottom Left <  $\delta$  または Bottom Right <  $\delta$ )、または  $|\min xpyy - \max xmyy| < \epsilon$  かつ  $|\min xmyy - \max xpyy| < \epsilon$  ならば台形。尚、 $\delta$ ,  $\epsilon$ は正の比較的小さい整数とする。

(b) 左下右上鋭角四辺形(図25)

上の(a)の条件を満たさず、Max Up <  $\delta$  かつ Top Right <  $\delta$  かつ Min Down <  $\delta$  かつ Bottom Left <  $\delta$  ならば、左下右上鋭角四辺形。

(c) 左上右下鋭角(図26)

50 (a)(b)の条件を満たさず、Min Up <  $\delta$  かつ Top Left <  $\delta$  かつ Bottom Right <  $\delta$  かつ Max Down <  $\delta$  な

らば、左上右下鋭角四辺形。

(d) 右鋭角 (図 27) または左鋭角 (図 28)

(a) (b) (c) の条件を満たさず、 $\text{Min Up} < \delta$  かつ  $\text{Min Down} < \delta$ 、または  $\text{Max Up} < \delta$  かつ  $\text{Max Down} < \delta$  ならば、右鋭角四辺形または左鋭角四辺形。

(e) その他

(a) (b) (c) (d) の条件を満たさない場合、右傾斜四辺形または左傾斜四辺形。

【0018】続いて S110 で四辺形の端点を抽出する。ここで端点の位置に対して図 29 の様に座標を決めるとすると、判別した四辺形の種類に対して各端点の位置は次の様に決定することができる。

(a) 台形 (図 24) の場合

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xpyx}, \text{max xpyy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xmyx}, \text{min xmyy})$

(b) 左下右上鋭角 (図 25) の場合

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xpyx}, \text{max xpyy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xmyx}, \text{min xmyy})$

(c) 左上右下鋭角 (図 26) の場合

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xpyx}, \text{max xpyy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xmyx}, \text{min xmyy})$

(d) 右鋭角 (図 27) または左鋭角 (図 28) の場合  
 先ず右上がりか左上がりかのチェックを行う。即ち、ある白領域の始まりの行番号を  $\text{St}$  とし、行  $i$  の白線の始まりを  $\text{Min}[i]$ 、終わりを  $\text{Max}[i]$  とするとき、  
 $\text{Max}[\text{St} + \alpha] - \text{Max}[\text{St}] < \text{Min}[\text{St}] - \text{Min}[\text{St} + \alpha]$

が成り立てば右上がり、そうでなければ左上がりとなる (尚、 $\alpha$  は適宜設定する正の整数)。

右上がりならば

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{min yx}, \text{min yy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xx}, \text{min xy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xx}, \text{max yy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{max yx}, \text{max yy})$

左上がりならば

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xx}, \text{max xy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min yx}, \text{min yy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max yx}, \text{max yy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xx}, \text{min xy})$

(e) その他 (右傾斜 (図 30)、左傾斜 (図 31))

同様のチェックを行った後、右上がりならば

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{min yx}, \text{min yy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xx}, \text{min xy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xx}, \text{max xy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{max yx}, \text{max yy})$

であるが、

$\text{Min Down} < \delta$  または  $\text{Bottom Left} < \delta$

または  $\text{Top Right} < \delta$  かつ  $\text{Bottom Left} < \delta$  かつ  $\text{Max Down} < \delta$  ならば

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

とする。また始まりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば 10 ドット) 以上ある場合は

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

とし、終わりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば 10 ドット) 以上ある場合は

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xpyx}, \text{max xpyy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xmyx}, \text{min xmyy})$

とする。

左下がりの場合

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xx}, \text{max xy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min yx}, \text{min yy})$

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max yx}, \text{max yy})$

20  $(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xx}, \text{min xy})$

であるが、

$\text{Max Down} < \delta$  または  $\text{Bottom Right} < \delta$

または  $\text{Top Left} < \delta$  かつ  $\text{Bottom Right} < \delta$  かつ  $\text{Min Down} < \delta$  ならば

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

とする。また始まりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば 10 ドット) 以上ある場合は

$(\text{trx}, \text{try}) = (\text{max xmyx}, \text{max xmyy})$

$(\text{tlx}, \text{tly}) = (\text{min xpyx}, \text{min xpyy})$

30 とし、終わりの行の白線部の長さがある程度の長さ (例えば 10 ドット) 以上ある場合は

$(\text{brx}, \text{bry}) = (\text{max xpyx}, \text{max xpyy})$

$(\text{blx}, \text{bly}) = (\text{min xmyx}, \text{min xmyy})$

とする。

【0019】再び図 3 の全体 PAD 図に戻ると、続いて S4 で得られた四辺形について各段の平行度をチェックする。即ち、各段の図形の  $\text{max x}(\text{min x})$  を連続させて得られる下線 (上線) を比較して相互に所定値以上平行であるか否かを判断する。各段は本来的には平行であるので、平行ではない段はデータから削除する。これによってノイズが混入して得た図形が不適当なものか否かを判断することができる。

【0020】以上の処理を 2 個のイメージセンサ 36 が出力する図形についてそれぞれ行って図 32 に示す様な左右の図形を得た後、S5 で左右で対応する四辺形を決定する。即ち、先ず左右のすべての四辺形について先に求めた端点の重心位置を求め、その重心の Y 座標でソート (並べ替え) する。次いで、ソートした順番に左右の各四辺形を対応づける。その際、対応すると思われる四辺形の重心の Y 座標が所定の値以下に接近している様に

選ぶ。尚、対応する四辺形が存在しないときはノイズなどで得られなかったものと見做し、その四辺形を後で述べる立体視の三角測量で使用しない（前回検出した図形を使用しても良い）。

【0021】続いてS6に進んで対応すると判断された左右の四辺形の4つの端点のY座標をそれぞれ比較し、その距離が所定の値未満の範囲にあるか否かを判断し、肯定された組の端点に対して三角測量を行う。尚、距離が所定の値以上に離れたものは誤測定防止のために対応した端点と見做さず、測量で使用しない。また各端点には

図32に示す様に、左手前側から時計回りに番号を付しておき、対応づけを容易にする。図33に三角測量法を示す。この手法自体は公知なものであって、三角形の相似を使用して目標点（端点）Lのx、y座標を求める。カメラ間距離2d、焦点距離fを既知として視差Xl、Xrを得、それから目標座標を

$(x,y)=(d(Xl+Xr)/(Xl-Xr), 2fd/(Xl-Xr))$

で求めることができる。尚、この式は左右のレンズの光軸が平行な場合に限られ、通例は輻輳などから適宜な補正が必要となるが、三角測量自体はこの発明の要旨とするところではないので、詳細な説明は省略する。

【0022】続いてS7に進んで得られた位置座標を所望の位置座標に変換して終わる。

【0023】この実施例は上記の如く構成したので、階段を速やかに認識してその位置座標を得ることができる。その際に階段の特性を利用して立体視の左右画像の対応点を求める様にしたので、簡易で専用のハードウェアも必要としない手法でありながら、容易かつ迅速に階段の位置情報を得ることができる。ロボットは階段を視野に入れさえすれば、階段の正確な3次元位置情報を随時算出することができ、予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。この性質より、工場、事務所などでロボットに階段を含む移動経路をおおまかに指示するのみで、その階段を発見し昇降することが可能となる。尚、ロボットの移動環境をこの様に工場、事務所などに限定するとき、階段の上面の明度を背景より大きくしておくことはさして面倒なことではない。尚、塗装に代えて照明を用いても良い。

【0024】また上記した実施例においてはTop Rightなど8つの特徴量を用いたが、更に特徴量を増加させることによって5辺形以上の形状を識別することも可能である。その意味で、階段を例にとったが、それに限られるものではなく、多面体のすべてに適用可能なものである。

【0025】また図4のS4で述べて平行度チェックに関しても、三角測量によって算出された各四辺形の端点を含む面を考え、その面が床面と平行でなければ登録から削除する様にしても良い。また平行な四辺形が複数あった場合には、それらの四辺形が階段の段であると見做し、ロボット1に傾斜センサを装着することなく、各四

辺形の作る面の方向を元にロボット1の傾斜度を算出しても良い。

【0026】更には、実施例として2足歩行の脚式移動ロボットを例にとって説明したが、この発明は車輪型、クローラ型などのロボットにも妥当すると共に、更にはロボットではない無人走行車などにも応用可能なものである。

【0027】

【発明の効果】請求項1項は、1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体において、前記視覚センサから得られる画像に対する所定の2値化処理により、各面内の殆どの画素がそれらの面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような多面体を含む外界について前記2値化処理を施して2値画像を得、2値のいずれかについて画像における面積を求め、及び求めた面積に基づいて多面体を認識することからなる如く構成したので、簡易な構成であって専用のハードウェアなどを必要とせず多面体を認識することができる。

【0028】請求項2項は、1つまたは複数の視覚センサを有し、それから得られる情報を参考にして移動制御を行い移動する移動体において、前記視覚センサから得られる画像に対する所定の2値化処理により、各段の殆どの画素がそれらの面を区分する境界領域内及び背景内の画素とは異なる出力値を持つような階段を含む外界について前記2値化処理を施して2値画像を得、2値画像について座標軸においてx方向とy方向とから走査し、幾何学的な特徴を抽出して所定の部位を求め、及び求めた所定の部位から階段の3次元位置を算出することからなる如く構成したので、簡易な構成であって専用のハードウェアなどを必要とせず、階段を視野に入れさえすれば、階段の3次元位置座標を随時算出することができ、予め作られた地図情報などの正確な位置情報を必要としない。これによって工場、事務所などで移動体に階段を含む移動経路を大まかに指示するのみで、その階段を発見し昇降することが可能となる。

【0029】請求項3項の移動体の階段の認識方法は、階段の各段ごとに対応点を決定して前記3次元位置を算出する如く構成したので、一層構成を簡易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る移動体の階段などの認識方法で予定する移動体たる2足歩行ロボットとその制御装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1に示すイメージセンサの画像メモリの説明図である。

【図3】この発明に係る方法が予定する階段を示す説明斜視図である。

【図4】図1に示す画像処理ユニットが行うこの発明に係る方法を示すフロー・チャート（全体PAD図）であ

る。

【図5】図4のPAD図のサブチャートで白領域の抽出作業を示すサブPAD図である。

【図6】図5PAD図の白領域の抽出作業を示す説明図の一部で原画像を示す説明図である。

【図7】同様にその2値化画像を示す説明図である。

【図8】同様に行ごとの最長白線の抽出作業を示す説明図である。

【図9】図4のPAD図のサブチャートで四辺形の種類判別と端点抽出作業を示すサブPAD図である。

【図10】図9PAD図の中の四辺形の種類判別の中の消失部分の探索作業を示す説明図の一部で傾いて写っている場合を示す説明図である。

【図11】同様に各段の干渉を示す説明図である。

【図12】同様に欠落部分の追加作業を示す説明図である。

【図13】図9PAD図の種類判別作業の中の4端点の探索作業を示す説明図である。

【図14】同様に種類判別作業で使用する特徴量のうちのTop Right が零の場合を示す説明図である。

【図15】同様にTop Leftが零の場合を示す説明図である。

【図16】同様にBottom Rightが零の場合を示す説明図である。

【図17】同様にBottom Left が零の場合を示す説明図である。

【図18】同様にMax Upが零の場合を示す説明図である。

【図19】同様にMax Downが零の場合を示す説明図である。

【図20】同様にMin Upが零の場合を示す説明図であ

＊る。

【図21】同様にMin Downが零の場合を示す説明図である。

【図22】同様にTop Right とTop Leftが共に零の場合を示す説明図である。

【図23】同様にTop LeftとMin Upが共に零の場合を示す説明図である。

【図24】同様に台形を示す説明図である。

【図25】同様に左下右上鋭角を示す説明図である。

10 【図26】同様に左上右下鋭角を示す説明図である。

【図27】同様に右鋭角を示す説明図である。

【図28】同様に左鋭角を示す説明図である。

【図29】図9PAD図の端点抽出作業で使用する端点の位置座標を示す説明図である。

【図30】図14と同様に、図9PAD図の種類判別作業で使用する特徴量のうちの右傾斜の場合を示す説明図である。

【図31】同様に左傾斜の場合を示す説明図である。

20 【図32】図4PAD図の四辺形の対応づけ作業を示す説明図である。

【図33】図4PAD図の三角測量を示す説明図である。

【符号の説明】

1 脚式移動ロボット（移動体）

24 胴体部

26 制御ユニット

34 プレート

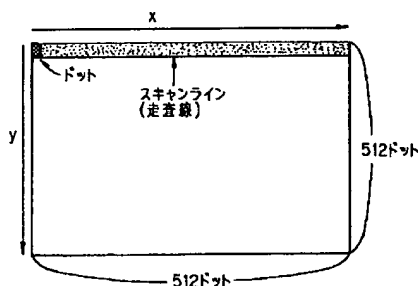
36 イメージセンサ

38 画像処理ユニット

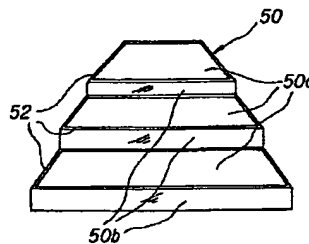
30 50 階段

\* 50a階段の上面

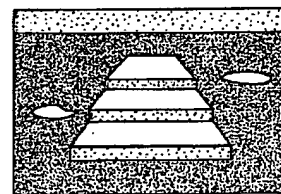
【図2】



【図3】



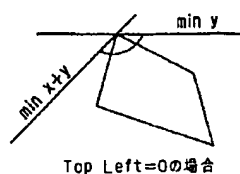
【図6】



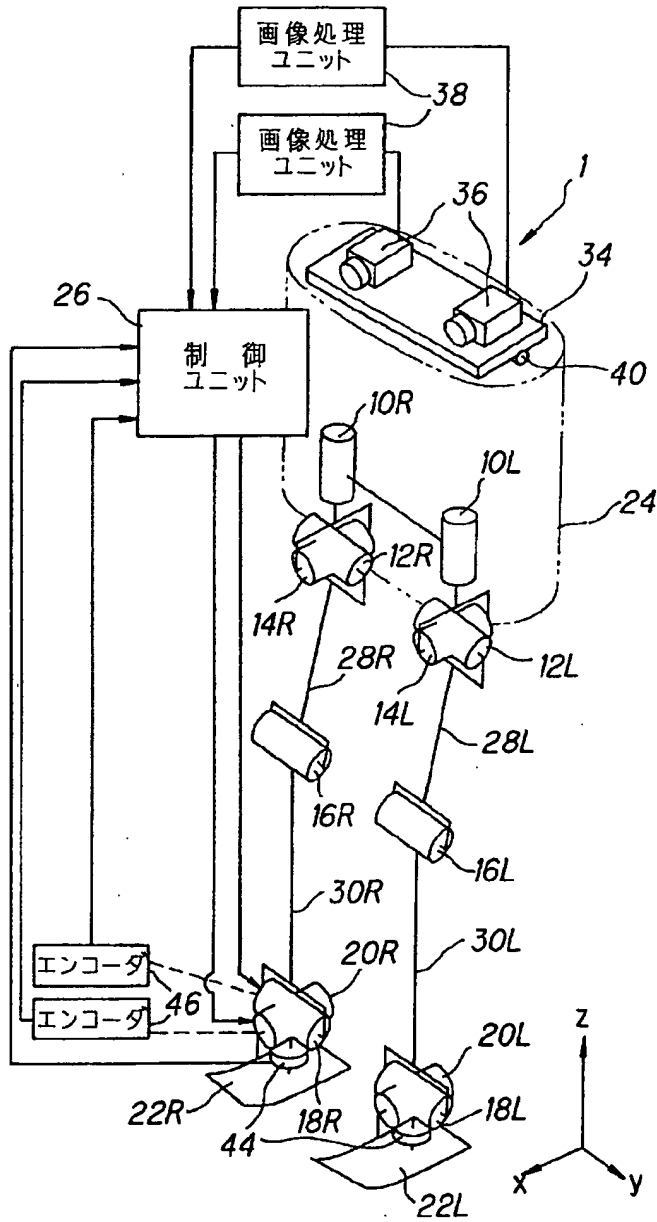
【図7】



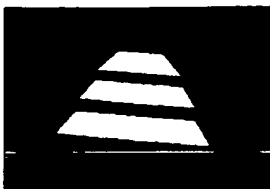
【図15】



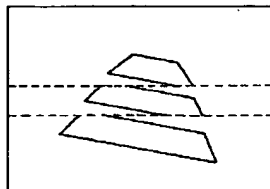
【図1】



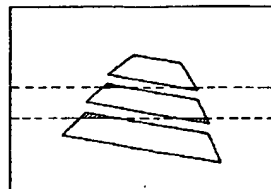
【図10】



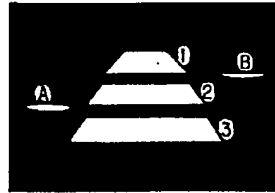
【図11】



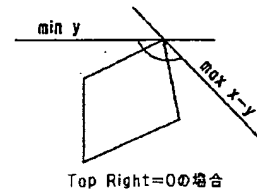
【図12】



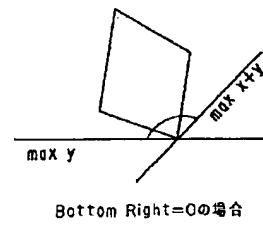
【図8】



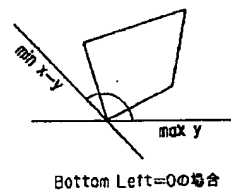
【図14】



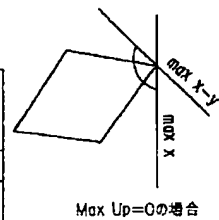
【図16】



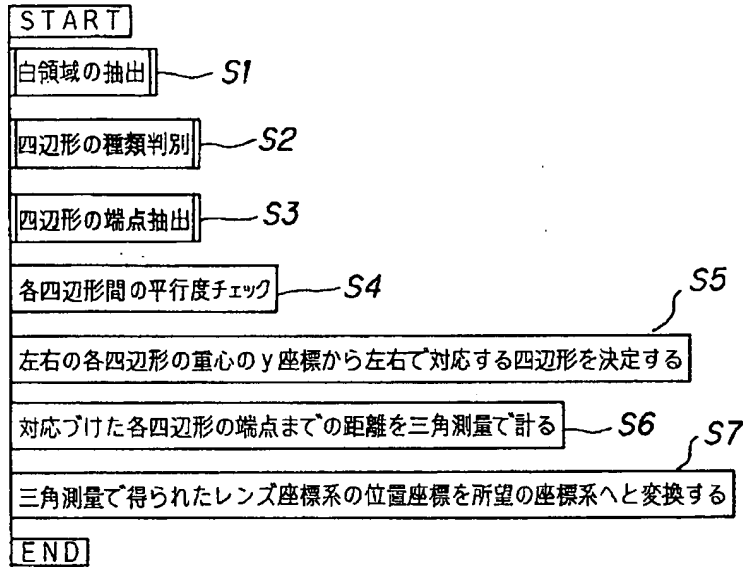
【図17】



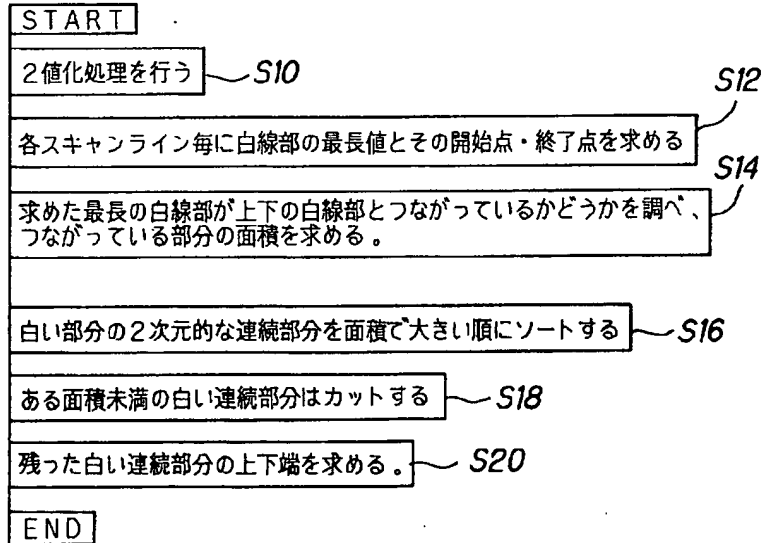
【図18】



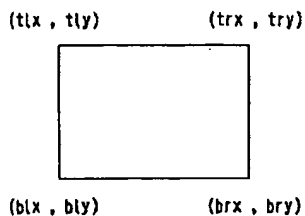
【図4】



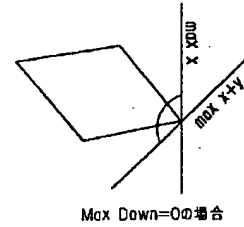
【図5】



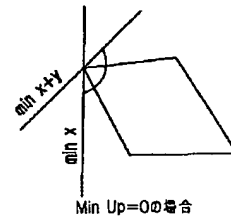
【図29】



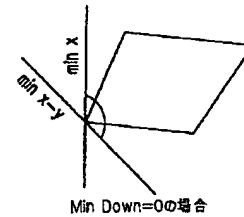
【図19】



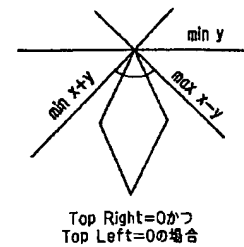
【図20】



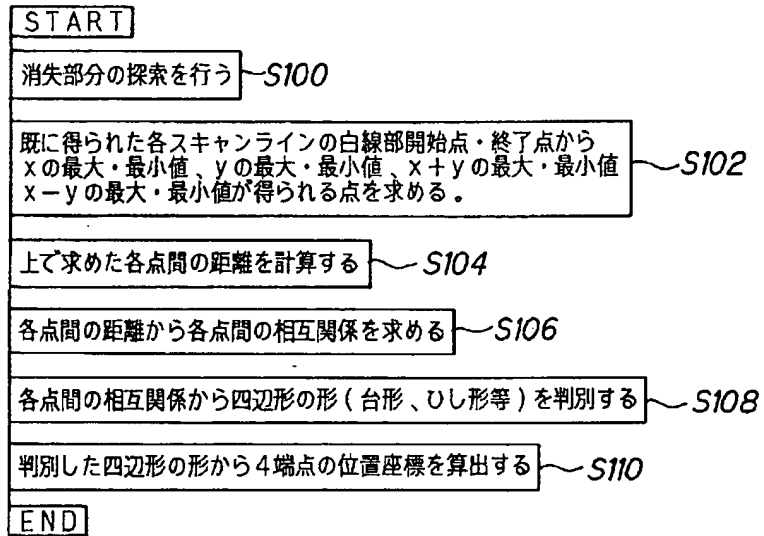
【図21】



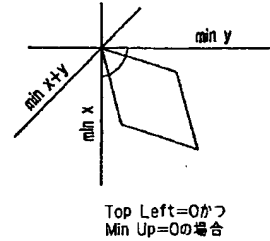
【図22】



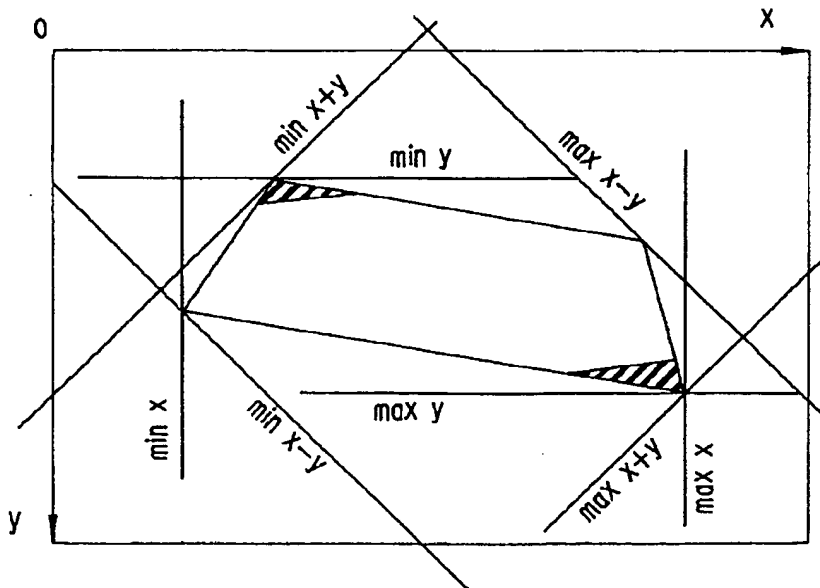
【図9】



【図23】

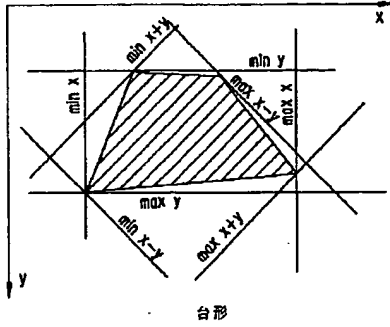


【図13】

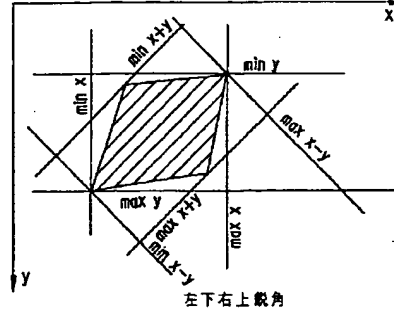




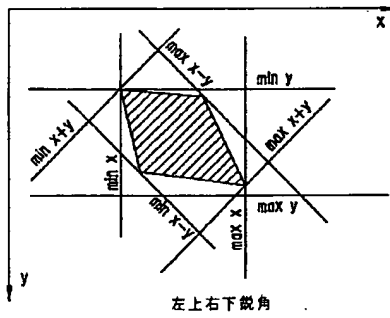
【図24】



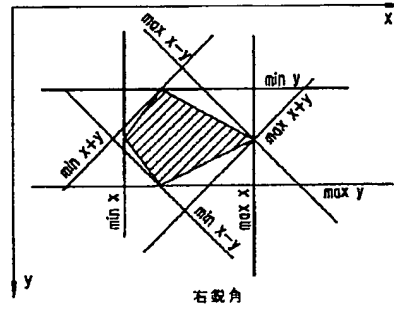
【図25】



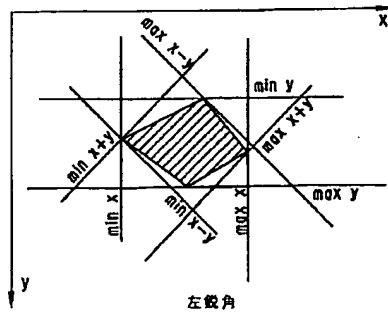
【図26】



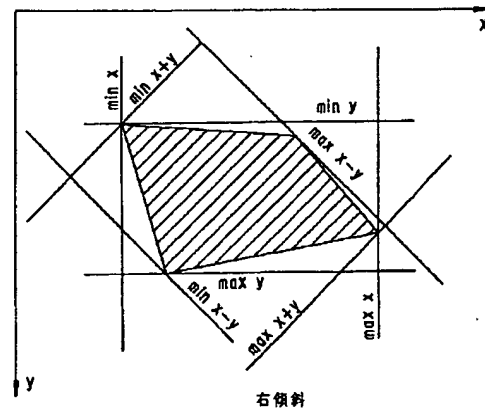
【図27】



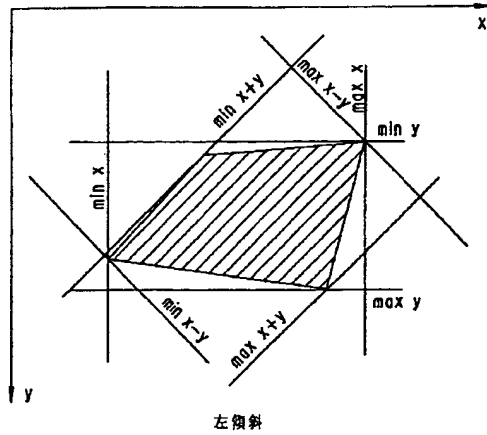
【図28】



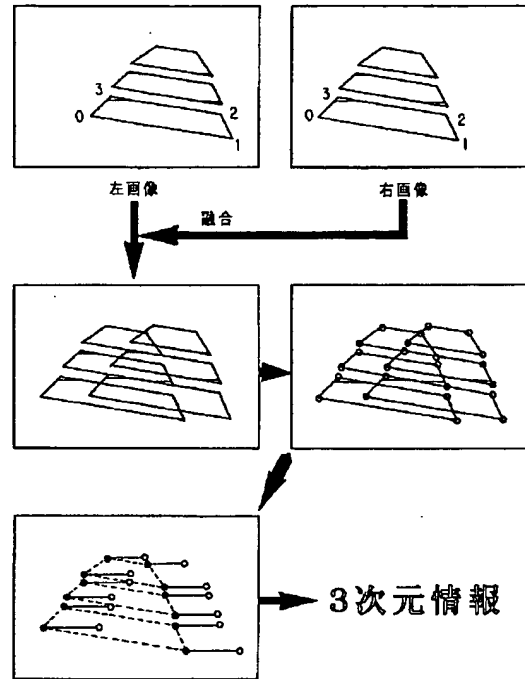
【図30】



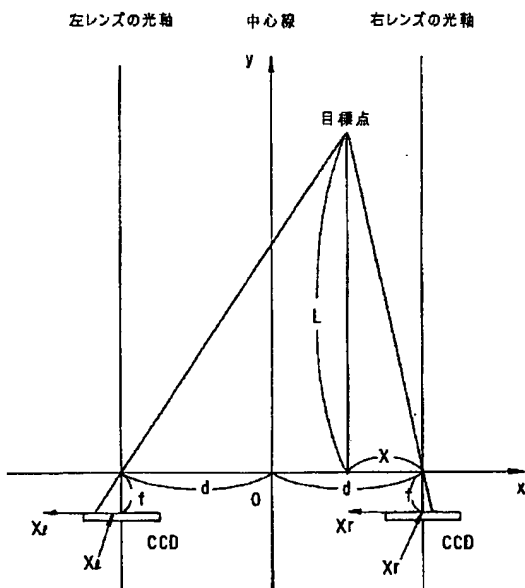
【図31】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/62	4 1 5	9287-5 L		
15/70	4 6 0 E	9071-5 L		
// G 0 5 D 1/02	K	7828-3H		